

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2005 年 3 月 24 日 (24.03.2005)

PCT

(10) 国際公開番号  
WO 2005/026796 A1

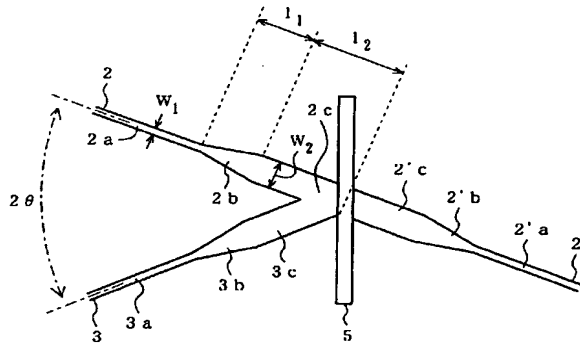
- (51) 国際特許分類: G02B 6/12 (72) 発明者; および  
(21) 国際出願番号: PCT/JP2004/013228 (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 柳澤 雅弘  
(22) 国際出願日: 2004 年 9 月 10 日 (10.09.2004) (YANAGISAWA, Masahiro) [JP/JP]; 〒1808585 東京都  
(25) 国際出願の言語: 日本語 武蔵野市緑町 3 丁目 9-1 1 N T T 知的財産センタ  
(26) 国際公開の言語: 日本語 内 Tokyo (JP). 小口 泰介 (OGUCHI, Taisuke) [JP/JP];  
(30) 優先権データ: 〒1808585 東京都武蔵野市緑町 3 丁目 9-1 1 N T T 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 井上 靖之 (INOUE, Yasuyuki) [JP/JP]; 〒1808585 東京都武蔵野市緑町  
特願2003-321046 2003 年 9 月 12 日 (12.09.2003) JP 3 丁目 9-1 1 N T T 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 日比野 善典 (HIBINO, Yoshinori) [JP/JP]; 〒1808585  
特願2004-044352 2004 年 2 月 20 日 (20.02.2004) JP 東京都武蔵野市緑町 3 丁目 9-1 1 N T T 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 肥田 安弘 (HIDA, Yasuhiro)  
(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 日本電 信電話株式会社 (NIPPON TELEGRAPH AND TELE- PHONE CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008116 東京都 千代田区大手町 2 丁目 3-1 Tokyo (JP).

[続葉有]

(54) Title: WAVELENGTH MULTIPLEXER/DEMULTIPLEXER

(54) 発明の名称: 波長合分波器

100



(57) Abstract: A wavelength multiplexer/demultiplexer used to separate two wavelength bands disposed with the end of one wavelength band separated up to a specified distance from the end of another wavelength band. A dielectric multilayer film is provided at the intersection of two mutually-crossing optical waveguides to separate an incident light to the dielectric multilayer film into a transmission light and a reflection light. Note that the distance X from the multilayer film surface on the light incidence side of the dielectric multilayer film up to the center intersection of the above two crossing optical waveguides is set so as to satisfy  $0 \leq X \leq d/2$  (d; thickness of the dielectric multilayer film). Accordingly, a wavelength multiplexer/demultiplexer, being free from spectrum deterioration even in the case of two wavelengths having a small wavelength interval and good in cutoff characteristics, can be realized.

(57) 要約: 1つの波長帯域の端と別の波長帯域の端とが所定長以下の間隔で配置されている2つの波長帯域を分離するための波長合分波器が開示されている。互いに交差する2本の光導波路の交差部に、誘電体多層膜を設け、上記誘電体多層膜への入射光を透過光と反射光とに分離する。ここで、上記誘電体多層膜の光入射側の多層膜表面から上記交差する2本の光導波路の中心の交点

[続葉有]

WO 2005/026796 A1



Motohaya) [JP/JP]; 〒1808585 東京都武蔵野市緑町  
3丁目9-11 NTT知的財産センタ内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 谷 義一 (TANI, Yoshikazu); 〒1070052 東京都  
港区赤坂2丁目6-20 Tokyo (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が  
可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR,  
BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM,  
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU,  
ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS,  
LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA,  
NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE,  
SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US,  
UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可  
能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD,  
SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY,  
KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG,  
CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE,  
IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF,  
BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN,  
TD, TG).

添付公開書類:  
— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される  
各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語  
のガイダンスノート」を参照。

までの距離  $X$  が、 $0 \leq X \leq d/2$  ( $d$  は、上記誘電体多層膜の厚さ) であるように、設定されている。このような構成により、波長間隔の狭い2波長に対しても、スペクトラム劣化がなく、カットオフ特性の良い波長合分波器を実現することができる。

## 明 細 書

## 波長合分波器

## 技術分野

[0001] 本発明は、光通信等に使用される波長合分波器に関し、特に、狭い波長間隔の波長帯同士を簡易な構成で分離することができる光波長合分波器に関するものである。

## 背景技術

[0002] 大容量伝送や双方向同時伝送を可能とするために、複数の波長の光を1つの伝送路で伝送する光波長多重方式が用いられている。波長多重方式において、多重光の合分波の機能を行う合分波器には各種あり、加入者系(アクセス系)の合分波器としては、低価格な部品構成が必要である。

[0003] 図14は、従来の合波長分波器500を示す図である。

[0004] 従来の波長合分波器500は、低価格な合分波器であり、1.3  $\mu\text{m}$ と1.55  $\mu\text{m}$ との2波長を合分波するものである(たとえば、特許文献1参照)。なお、光通信に使用される「波長合分波器」は、異なる波長の信号を一緒にしたり分離したりする素子である。

[0005] 従来の波長合分波器500は、シングルモード光導波路2、3、2'と、光導波路2と3とが交差する位置に設けられている溝4と、誘電体多層膜5とを有し、誘電体多層膜5は、溝4内に挿入され、1.55  $\mu\text{m}$ 帯に反射域を有し、1.31  $\mu\text{m}$ 帯に透過域を有している。

[0006] 誘電体多層膜5は、光導波路2と3とが成す交差角の2等分線に垂直で、しかもその反射面が、光導波路2と3との交差点に位置するように設定されている。

[0007] このように、光導波路2、3と誘電体多層膜5とによって、幾何学的反射構造を持たせ、しかも、光導波路2'を、誘電体多層膜5の透過光上に配置する。これによって、光ファイバ(図示せず)を介して光導波路2を伝播する1.31  $\mu\text{m}$ と1.55  $\mu\text{m}$ の波長多重光のうちで、1.55  $\mu\text{m}$ 光を、誘電体多層膜5で反射させ、光導波路3に出力する。また、1.31  $\mu\text{m}$ 光は、誘電体多層膜5を透過させ、光導波路2'に出力する。

- [0008] この構造では、誘電体多層膜5で反射する $1.55\mu\text{m}$ 光が結合する光導波路3が、単一モード光導波路であるので、その結合損失を如何に低損失に抑えるかが重要な課題である。これを実現する誘電体多層膜5の設定位置、光導波路2と3との交差角、高精度溝加工のためのマーカ位置等が、最適化され、所要の損失の合分波器が実現されている(たとえば、特許文献1参照)。
- [0009] なお、従来の合波長分波器500では、光導波路2'がY分岐し、分岐された光導波路のそれぞれに、レーザダイオードまたはフォトダイオードが搭載されている送受信モジュールが示されている。
- [0010] なお、上記Y分岐光導波路、レーザダイオード、フォトダイオードを、図14では、省略している。
- [0011] 最近、アクセス系においてサービスの多様化が進み、分波すべき波長間隔も狭くなる傾向にある。たとえば、1芯双方向通信を行うPON(Passive Optical Network)システムにおいては、下り信号として用いられる1480〜1580nm帯を、1480〜1500nm帯と1550〜1560nm帯との2つに分割する。そして、後者を、映像配信等、将来的な別サービスに割り当てる方式が提案されている(たとえば、非特許文献1参照)。
- [0012] この従来例によれば、1480〜1500nm帯と1550〜1560nm帯とを分離するための分波器には、波長間隔がもっとも近接する1500nmと1550nmとの2波長を分離する性能が必要である。
- [0013] また、他の従来例として、通信波長とは別の波長を試験光に用い、各種光線路試験を行うシステムにおいて、通信波長帯域の上限波長である1625nmに対して1650nmを試験波長として使用するものがある(たとえば、特許文献2参照)。この場合には、25nmで近接した信号光と試験光とを分波する必要がある。
- [0014] このような狭間隔で配置される2波長を、従来の交差光導波路を用いた部品構成で実現できれば、波長合分波器の低価格化に有利である。
- [0015] 上記交差光導波路によって波長合分波器を構成する場合、誘電体多層膜5への入射光が発散光であることに起因して、得られる合分波特性の透過域から遮断域に至るカットオフ領域の傾斜が劣化する。そのため、分波間隔が狭い場合には、上記カ

ットオフ領域の傾斜の劣化を無視することができない。また、分波間隔を狭くするためには誘電体多層膜を厚くする必要があるが、これにより発散光によるスペクトル劣化への影響がより強く出ることになる。

[0016] 図15は、上記従来例における波長合分波器500の特性を示す図である。

[0017] 発明者らは、光導波路比屈折率差を、実用的な下限値0.3%程度に設定して試作検討を進めたところ、光導波路2から光導波路3に至る反射経路で、図15に示すようなスペクトラムの劣化があり、波長合分波器を実現する上で障害となった。

[0018] このスペクトラムの劣化は、カットオフ波長付近で損失最小となるピークPを有し、その長波側で損失が増加する形状であり、誘電体多層膜5の特性からは予想できないものである。

[0019] また、合分波スペクトラムにおいて、透過域から遮断域に至るカットオフ特性についても十分とは言えないという問題がある。

[0020] 本発明は、波長間隔の狭い2波長に対しても、スペクトラム劣化がなく、しかも、カットオフ特性が良好な光導波路交差型の波長合分波器を提供することを目的とするものである。

特許文献1: 日本国特開平8-190026号公報

特許文献2: 日本国特開2002-368695号公報

非特許文献1: NTT技術ジャーナル、2003年1月、Vol. 15、No1、p. 24-27

#### 発明の開示

[0021] 本発明は、1つの波長帯域の端と別の波長帯域の端とが所定長以下の間隔で配置されている2つの波長帯域を分離するための波長合分波器である。互いに交差する2本の光導波路の交差部に、誘電体多層膜を設け、上記誘電体多層膜への入射光を透過光と反射光とに分離する。ここで、上記誘電体多層膜の光入射側の多層膜表面から上記交差する2本の光導波路の中心の交点までの距離Xが、 $0 \leq X \leq d/2$  (dは、上記誘電体多層膜の厚さ)であるように、設定される。

[0022] すなわち、本発明において、距離Xが $0 \sim d/2$ である範囲では、反射経路でのスペクトル特性がほぼ矩形であるので、カットオフ波長よりも長波長側において、反射損失が極端に増加することはない。つまり、図15に示す従来例における顕著な損失最

小ピークPは存在しない。

[0023] また、本発明において、距離Xが $d/10 \leq X \leq 2/5d$ である範囲では、反射経路でのスペクトル特性がより矩形に近づくので、狭間隔で配置される波長に対しての分離度が向上する。さらに、カットオフ波長よりも長波長側における反射損失の増加が生じない。

[0024] 本発明によれば、光導波路交差型の波長合分波器において、波長間隔の狭い2波長に対しても、スペクトラム劣化がなく、しかも、カットオフ特性も良好であるという効果を奏する。

#### 図面の簡単な説明

[0025] [図1A]図1Aは、本発明の実施例1である波長合分波器100を示す平面図である。

[図1B]図1Bは、本発明の実施例1である波長合分波器100を示す正面図である。

[図1C]図1Cは、本発明の実施例1である波長合分波器100を示す右側面図である。

[図2A]図2Aは、波長合分波器100において、誘電体多層膜5の多層膜表面5sから光導波路2と3との交差点C1までの距離Xが0となる位置関係を示す図である。

[図2B]図2Bは、波長合分波器100において、誘電体多層膜5の多層膜表面5sから光導波路2と3との交差点C1までの距離Xが $0 \sim d$ となる位置関係を示す図である。

[図2C]図2Cは、波長合分波器100において、誘電体多層膜5の多層膜表面5sから光導波路2と3との交差点C1までの距離Xがdとなる位置関係を示す図である。

[図3]図3は、波長合分波器100において、誘電体多層膜5の近傍(光導波路交差部C1の近傍)を示す図である。

[図4]図4は、本発明の実施例1によって得られた分波特性を示す図である。

[図5]図5は、本発明の実施例1において、誘電体多層膜5の多層膜表面5sから交差点C1までの距離Xと、光導波路2から光導波路3に至る反射スペクトラムとの関係を示す図である。

[図6]図6は、本発明の実施例1において、光導波路2から光導波路3に至る反射スペクトラムが損失0.7dBとなる波長と20dBとなる波長の間隔と、距離Xとの関係を示す図である。

[図7]図7は、本発明の実施例1において、カットオフ波長よりも長波長側における反射損失と距離Xとの関係を示す図である。

[図8]図8は、本発明の実施例1において、交差部における光導波路幅 $W_2$ を、 $8\mu\text{m}$ 、 $20\mu\text{m}$ とし、交差角 $2\theta$ を、8、10、12度とした場合の設定距離Xの適正範囲をまとめた図である。

[図9]図9は、本発明の実施例1において、光導波路の比屈折率差が、0.45%に設定され、誘電体多層膜5が、カットオフ波長1620nm近傍に設定された $\text{SiO}_2$ と $\text{Ta}_2\text{O}_5$ 交互多層膜(厚さ約 $40\mu\text{m}$ )に変えた場合を示す図である。

[図10]図10は、本発明の実施例1において、誘電体多層膜5の厚さを $25\mu\text{m}$ と薄くした場合に、カットオフ波長よりも長波長側の反射損失と距離Xとの関係を示す図である。

[図11]図11は、本発明の実施例1において、光導波路交差角 $2\theta$ に対する反射減衰量を、拡張された光導波路幅 $W_2$ をパラメータとして示す図である。

[図12]図12は、本発明の実施例1において、交差角をパラメータとし、光導波路拡張構造がある場合(実線)と、無い場合(点線)の反射スペクトラムを、そのカットオフ領域で比較した図である。

[図13]図13は、本発明の実施例2である波長合分波器200を示す図であり、誘電体多層膜5の近傍(光導波路交差部C1の近傍)を示す図である。

[図14]図14は、従来の波長合分波器500を示す図である。

[図15]図15は、従来の合波長分波器500の特性を示す図である。

### 発明を実施するための最良の形態

[0026] 発明を実施するための最良の形態は、以下の実施例である。

#### 実施例 1

[0027] 図1Aは、本発明の実施例1である波長合分波器100を示す平面図であり、図1Bは、その正面図、図1Cは、その右側面図である。

[0028] 図2Aは、波長合分波器100において、誘電体多層膜5の多層膜表面5sから光導波路2と3との交差点C1までの距離Xが0となる位置関係を示す図である。また、図2Bは、距離Xが0～dとなる位置関係を示す図であり、図2Cは、距離Xがdとなる位置

関係を示す図である。

- [0029] 波長合分波器100は、シリコン基板1と、シングルモード光導波路2、3、2'と、溝4と、誘電体多層膜5とを有する。
- [0030] シングルモード光導波路2、3、2'は、石英系のガラスで形成されているコアとクラッドとを具備する。誘電体多層膜5は、溝4内に設置されている。
- [0031] 光導波路2、3は、基板1の中央部において交差点C1を具備している交差光導波路を形成し、誘電体多層膜5における反射光を光導波路3に導く。また、光導波路2'の光軸を、光導波路2の光軸と一致させ、誘電体多層膜5を透過した透過光を光導波路2'に導く。光導波路2と3とが交わる位置には、溝4が設けられ、その中に誘電体多層膜5が挿入され、接着剤(図示せず)で固定されている。
- [0032] 誘電体多層膜5は、波長1260～1500nmに透過帯を有し、波長1550～1600nmに反射帯を有する短波長域通過型であり、厚さ約5  $\mu$ mのポリイミド薄膜基板(基板部51)上に、 $\text{SiO}_2$ と $\text{Ta}_2\text{O}_5$ との交互多層膜が約30  $\mu$ mの厚さで形成されている多層膜である。
- [0033] したがって、光導波路2に入力された波長域1260～1500nm帯の光と、波長域1550～1600nm帯の光とのうちで、波長域1260～1500nm帯の光を透過させて光導波路2'に結合させ、波長域1550～1600nm帯の光を反射させて光導波路3に結合させることができる。
- [0034] 誘電体多層膜5は、その多層膜表面5s側が、光入射側に向くように設定され、また多層膜表面5sから光導波路交差点C1までの距離Xが、6  $\mu$ mであるように設定されている。
- [0035] 上記のように、誘電体多層膜5の厚さが30  $\mu$ mであり、基板部51の厚さが5  $\mu$ mであり、誘電体多層膜5と基板部51とが溝4に収まる。そのため、この合計の厚さ30  $\mu$ m + 5  $\mu$ m = 35  $\mu$ mの半分である17.5  $\mu$ mが、多層膜表面5sから溝4の中心までの距離である。また、多層膜表面5sから光導波路交差点C1までの距離X = 6  $\mu$ mであるので、光導波路交差点C1から溝4の中心までの距離は、17.5  $\mu$ m - 6  $\mu$ m = 11.5  $\mu$ mである。
- [0036] つまり、光導波路交差点C1に対して、11.5  $\mu$ mだけ離れた距離に、溝4の中心が



位置し、かつ、光導波路2と光導波路3との垂直2等分線に垂直に、しかも、誘電体多層膜5全体の厚さよりも2〜3  $\mu\text{m}$  広めの幅で、溝4が設定されている。

[0037] 実施例1において、溝4は、ダイシング・ソーで形成した溝であり、溝4の形成時に位置基準となる金属マーカが、光導波路チップ(シリコン基板1)上に設けられているので、多層膜表面5sから光導波路交差点C1までの距離Xを、6  $\mu\text{m}$   $\pm$  3  $\mu\text{m}$  に収めることができる。

[0038] なお、図2Aは、多層膜表面5sから光導波路交差点C1までの距離Xが0である位置関係を示し、図2Bは、距離Xが $0 \leq X \leq d$ である位置関係を示し(dは、誘電体多層膜5の厚さ)、図2Cは、距離Xが誘電体多層膜5の厚さdと同じである位置関係を示している。

[0039] 図3は、波長合分波器100において、誘電体多層膜5の近傍(光導波路交差部C1の近傍)を示す図である。

[0040] シングルモード光導波路2、3、2'が交差する光導波路交差部C1には、誘電体多層膜5が設けられている。

[0041] なお、以後の説明では、シングルモード光導波路2を、入力光導波路2と表現し、シングルモード光導波路3を、出力光導波路3と表現し、シングルモード光導波路2'を、出力光導波路2'と表現する。

[0042] 入力光導波路2は、入力光を導く光導波路であり、出力光導波路3は、誘電体多層膜5における反射光を導く光導波路であり、出力光導波路2'は、誘電体多層膜5における透過光を導く光導波路である。

[0043] 後述する理由によって、誘電体多層膜5に入射する光ビームの発散角は小さい程よいので、光導波路の比屈折率差を、0.3〜0.45%程度に押さえ、しかも、溝4に接する領域では光導波路幅を拡幅し、モードフィールド径を大きくする。

[0044] すなわち、入力光を導く入力光導波路2は、入力光導波路2aと、テーパ光導波路2bと、拡幅光導波路2cとによって構成されている。つまり、入力光導波路2aは、テーパ光導波路2bを介して、光導波路幅が広げられ、拡幅光導波路2cと接続されている。

[0045] 出力光導波路2'は、出力光導波路2'aと、テーパ光導波路2'bと、拡幅光導波路

2'cによって構成されている。つまり、出力光導波路2'aは、テーパ光導波路2'bを介して、光導波路幅が広げられ、拡幅光導波路2'cと接続されている。

[0046] そして、入力光導波路2との光結合を維持するように、入力光導波路2a、テーパ光導波路2b、拡幅光導波路2cに対して点対称になる位置に、出力光導波路2'a、テーパ光導波路2'b、拡幅光導波路2'cが配置されている。

[0047] 出力光導波路3は、出力光導波路3aと、テーパ光導波路3bと、拡幅光導波路3cとによって構成されている。つまり、出力光導波路3aは、テーパ光導波路3bを介して、光導波路幅が広げられ、拡幅光導波路3cと接続されている。

[0048] そして、入力光導波路2との光結合を維持するように、入力光導波路2a、テーパ光導波路2b、拡幅光導波路2cに対して鏡面对称になる位置に、出力光導波路3a、テーパ光導波路3b、拡幅光導波路3cが配置されている。

[0049] 上記実施例において、光導波路は、比屈折率差0.3%であり、光の入出力端部における光導波路幅2a、3a、2'aを、 $8\mu\text{m}$ とし、テーパ光導波路2b、3b、2'bによって、光導波路幅を、 $25\mu\text{m}$ まで広げられている。また、光導波路2および3は、交差角12度で交差されている。

[0050] 上記実施例において、交差部C1における光導波路幅が拡大された領域では、テーパ光導波路で拡大された光のモードが安定するように、その光導波路幅が一定長等幅で維持されていることが好ましい。つまり、交差部C1における光導波路幅が拡大された領域では、交差する他方の光導波路と接触する位置、もしくはその外側まで上記光導波路の幅が等しいことが好ましい。

[0051] 本発明者らが反射スペクトラムの劣化の原因について実験検討を進めた結果、光導波路交差部C1に対して誘電体多層膜5を設定する位置によって、スペクトラムの形状が、著しく変化することが明らかになった。

[0052] 図4は、実施例1によって得られた分波特性を示す図である。

[0053] 光導波路2から光導波路3に至る反射によって得られる分波特性のうちで、 $1550\mu\text{m}$ よりも長波長部分における特性は、図4に示すように、平坦かつ低損失の特性であり、従来例で問題になっている長波長帯の損失増が解決されている。

[0054] 図4において、 $1250\text{nm}$ ～ $1500\text{nm}$ の波長域と $1550\text{nm}$ ～ $1600\text{nm}$ の波長域とを

分波する場合を検討する。この場合、各通過帯域において、光源波長が最も近接する波長1500nmと波長1550nmとにおいて、損失は1.5dB以下の良好な特性であることがわかる。

[0055] なお、相手波長の漏話を阻止する阻止量について、光導波路2→2'では、50dB以上と十分であるが、光導波路2→3では、誘電体多層膜5の透過域リップルのために、20dB程度に制限される。これは、実施例1の波長合分波器100の構成に起因するものではなく、誘電体多層膜5から反射光を取り出す他のビーム型の波長合分波器の構成等でも見られる一般的なものである。

[0056] さらに、分波すべき波長間隔が近接し、その波長間隔が25nmになっても十分実用可能なレベルにある。たとえば波長1250nm～1515nmと、波長1540nm～1600nmの帯域を分波する場合、損失2dB以下、阻止量30dB(光導波路2→2')が確保される。

[0057] 図5は、上記実施例において、誘電体多層膜5の多層膜表面5sから交差点C1までの距離Xと、光導波路2→光導波路3に至る反射スペクトラムとの関係を示す図である。

[0058] 上記「距離X」は、図2A～Cに示すように、光が入射する側の多層膜表面5sから光導波路中心が交差する点(交差点C1)までの距離であり、以下では、設定距離Xとも表現する。

[0059] 実験では、交差点C1が、多層膜表面5sと一致する位置(図2A、距離X=0)から、交差点C1が、多層膜5と基板部51との境界と一致する位置(図2B、距離X=d)まで、誘電体多層膜5の設置位置を変化させた。誘電体多層膜5は、5 $\mu$ m厚のポリイミド膜基板(基板部51)上に、30 $\mu$ m厚のSiO<sub>2</sub>とTa<sub>2</sub>O<sub>5</sub>との交互多層膜を積層した短波長透過型フィルタであり、そのカットオフ波長は、1530nm近辺に設定されている。

[0060] また、光導波路において、比屈折率差は0.3%であり、標準幅 $W_1=8\mu$ m、拡幅幅 $W_2=20\mu$ m、交差角 $2\theta=12$ 度である。

[0061] 図5に示す例によれば、距離X=0～12 $\mu$ mの範囲では、距離Xが増加するとともに、カットオフ領域の傾斜特性が改善され、より急峻な矩形に近い形になっている。しかし、設定距離Xがさらに増加し、設定距離X=15～30 $\mu$ mになると、カットオフ波

長付近で損失最小になるピークが現れる。また、長波長側では損失が増加する傾向を示し、設定距離Xの増加に伴い、この傾向は顕著になる。

- [0062] この長波長側における損失増加は、比較的急激であり、この範囲では、誘電体多層膜5で反射するビームの光導波路3への結合が急速に低下していると見られる。事前検討で認められた図15に示す特性(ピークP)は、この領域のものと推測できる。このような特性を示す理由は、明確でないが、1つには、誘電体多層膜5からの反射の大部分は、多層膜表面5s付近からの反射波で決まることである。反面、カットオフ領域の傾斜特性は、多層部全体からの反射波で決まるためと思われる。
- [0063] そして、このような現象は、急峻な傾斜特性を実現するために積層数を増加させた厚い多層膜において顕著に現れると考えられ、本実施例で用いている短波長透過型エッジフィルタだけでなく、長波長透過型エッジフィルタやバンドパス型フィルタでも同様である。
- [0064] 図6は、図5に示す反射スペクトルにおいて、損失が0.7dBとなる波長と20dBとなる波長の間隔を示す図であり、この波長間隔が小さい程、スペクトルの急峻性が良いことを示している。
- [0065] ここで、距離 $X=0\sim 12\mu\text{m}$ の範囲では、 $X=12\mu\text{m}$ で若干のピークが存在するものの、距離Xが増加するとともに波長間隔が小さくなり、特性がより急峻な矩形状になっていることが確認できる。
- [0066] また、波長間隔の狭い2つの波長帯を分離することを想定すると、設定距離Xは $3\mu\text{m}$ 以上であることが望ましい。
- [0067] なお、設定距離 $X=15\sim 30\mu\text{m}$ においては、カットオフ波長付近で損失最小となるピークから長波長側へ行くに従って損失が増加し、1dBを超えるスペクトル形状となっている(図5)。そのため、図6には、この領域の距離Xについては、図示していない。
- [0068] 図7は、カットオフ波長よりも長波長側における反射損失と距離Xとの関係を示す図である。
- [0069] 横軸は、誘電体多層膜表面から導波路交差点までの距離Xを示し、縦軸は、波長1550nmにおける反射損失を示す。距離Xが、0から $15\mu\text{m}$ までの範囲では、反射

損失が極端に増加することではなく、反射損失は、1dB以下である。さらに、距離Xが、 $3\mu\text{m}$ から $12\mu\text{m}$ の範囲では、反射損失が最小値をとる。

- [0070] 以上の実験結果によると、設定距離Xが、0から誘電体多層膜の厚さの $1/2$ に相当する $15\mu\text{m}$ までの範囲では、長波長側において反射損失が極端に増加することではなく、長波長側における反射損失は、1dB以内である。さらに、設定距離Xが、誘電体多層膜の厚さの $1/10$ に相当する $3\mu\text{m}$ から同 $2/5$ に相当する $12\mu\text{m}$ までの範囲では、カットオフ特性がより矩形に近く、狭間隔で配置される波長に対しては、分離度が向上する。
- [0071] すなわち、設定距離 $X=3\sim 12\mu\text{m}$ の範囲が、カットオフ領域の傾斜特性と反射損失とが両立する最適な範囲である。この傾向は、交差光導波路のパラメータを変えた他の場合にも、ほぼ同様に生じる現象である。
- [0072] 上記実施例では、従来例において課題である反射スペクトラムの劣化を抑制するために、光導波路交差部C1に対する誘電体多層膜5の設定距離Xを、所定の範囲に制御する点が最大の特徴である。
- [0073] 図8は、交差部における光導波路幅 $W_2$ を、 $8\mu\text{m}$ 、 $20\mu\text{m}$ とし、交差角 $2\theta$ を、8、10、12度とした場合において、設定距離Xの適正範囲をまとめた図である。
- [0074] ここで、 $20\mu\text{m}/12$ 度は、図5の場合に相当するものである。なお、光導波路幅 $W_2=8\mu\text{m}$ は、交差部C1において光導波路の拡幅がされずに、全領域において $8\mu\text{m}$ の光導波路で構成された場合であり、光導波路幅 $20\mu\text{m}$ は、交差部C1において、 $8\mu\text{m}$ の標準光導波路幅が $20\mu\text{m}$ に拡幅されている場合を示す。
- [0075] 図8において、○印は、カットオフ領域の傾斜特性と反射損失とが両立する最適範囲であることを示し、△印は、反射損失が許容できる範囲内であることを示し、×印は、設定距離Xとして不適当な距離であることを示している。光導波路幅、交差角とは無関係に、図5に示す場合と同様の結果を得ることができる。
- [0076] 図9は、光導波路の比屈折率差を、0.45%に設定し、誘電体多層膜5が、カットオフ波長 $1620\text{nm}$ 近傍に設定された $\text{SiO}_2$ と $\text{Ta}_2\text{O}_5$ 交互多層膜約 $40\mu\text{m}$ のものに変えた場合を示す図である。
- [0077] 図9に示す場合の結果は、図8に示す場合と同様の結果になる。

- [0078] 図10は、誘電体多層膜5の厚さを $25\mu\text{m}$ と薄くした場合に、カットオフ波長よりも長波長側の反射損失と距離 $X$ との関係を示す図である。
- [0079] 横軸は、誘電体多層膜表面から導波路交差点までの距離 $X$ を示し、縦軸は、波長 $1550\text{nm}$ における反射損失を示す。用いた誘電体多層膜のカットオフ波長は、 $1530\text{nm}$ であり、導波路の交差角 $2\theta$ は、 $12^\circ$ であり、比屈折率差は、 $0.3\%$ であり、導波路の標準幅、拡張された幅は、それぞれ $8\mu\text{m}$ 、 $25\mu\text{m}$ である。設定距離 $X$ が0から多層膜厚の $1/2$ に相当する $12.5\mu\text{m}$ までの範囲では、反射損失が $1\text{dB}$ 以下と良好な特性を示している。さらに、多層膜厚の $1/10$ に相当する $2.5\mu\text{m}$ から同 $2/5$ に相当する $10\mu\text{m}$ までの範囲では、より低損失な特性を得ることができる。
- [0080] 上記結果をまとめると、損失増を招かないためには、光入射側から誘電体多層膜5の厚さの半分までの領域を、光導波路交差点 $C1$ に一致させることが必要である(つまり、 $0 \leq X \leq d/2$ である)。
- [0081] また、損失およびカットオフ特性をともに良好とするには、上記領域のうちで、多層膜厚の $10\%$ 程度分、内部に制限された領域に、設定距離 $X$ を設定することが好ましい。つまり、損失およびカットオフ特性をともに良好とするには、 $d/10 \leq X \leq 2d/5$ であることが好ましい。
- [0082] すなわち、上記実施例では、誘電体多層膜の光入射側の多層膜表面から交差する2本の光導波路の中心の交点までの距離 $X$ が、 $0 \leq X \leq d/2$  ( $d$ は、上記誘電体多層膜の厚さ)に設定されている例である。
- [0083] 次に、光導波路パラメータが合分波特性に及ぼす影響について説明し、適正な光導波路パラメータの範囲について説明する。
- [0084] 光導波路間に誘電体多層膜5を設置する波長合分波器100では、光導波路から溝4の領域に出射し、誘電体多層膜5に入射する光は、発散光になる。これは、平行光入射を前提とする誘電体多層膜5の特性を劣化させることになる。
- [0085] 発散光の場合、誘電体多層膜5への入射角は、光導波路交差角で決まる角度を中心として発散角の分だけ広がりを持ち、互いに異なる角度で誘電体多層膜5に入射する。このように互いに異なる角度で誘電体多層膜5に入射するので、上記特性の劣化が生じる。これは、異なる入射角によって、カットオフ波長が少しずつずれるので、

その重畳として現れる誘電体多層膜5の応答におけるカットオフ領域の傾斜が、平行光入射と比べて鈍るためである。

[0086] この影響を小さくするためには、低比屈折率差の光導波路を用い、また、溝4に接する光導波路幅を拡大することが有効である。このように、低比屈折率差の光導波路を用い、溝4に接する光導波路幅を拡大することによって、溝4に接する光導波路のモードフィールド径が局所的に拡がり、誘電体多層膜5に出射する光ビームの発散角が小さくなる。

[0087] 比屈折率差が0.3%未満であると、標準的な接続用ファイバの比屈折率差と整合しなくなり、また、光導波路の許容曲げ半径が増大し、光導波路寸法が大きくなるので、比屈折率差を0.3%未満にすることは、実用的でない。一方、比屈折率差が0.45%以上であると、誘電体多層膜5のカットオフ領域の傾斜特性が劣化するので、目的とする波長分離度を得ることができない。

[0088] したがって、比屈折率差は、0.3〜0.45%程度がよい。

[0089] また、拡幅光導波路の好ましい寸法 $W_2$ は、比屈折率差が0.3〜0.45%である場合、入出力光導波路2aの標準幅 $W_1 = 7 \sim 8 \mu\text{m}$ に対して、幅 $W_2$ が $18 \mu\text{m}$ 以上であることがよい。これは、入出力光導波路の幅 $W_2$ が $18 \mu\text{m}$ よりも小さいと、モードフィールド径の拡大効果が十分ではないためである。

[0090] さらに、光導波路を構成するコアの厚さを、 $7 \sim 10 \mu\text{m}$ に設定し、入出力光導波路2aの断面を、略矩形のコア形状とするが、コア厚をやや厚めに設定することによって、光導波路の曲げ損失を抑えることができる。このようにすれば、曲げ部の曲率を小さくし、光導波路を小型にする場合に有利である。

[0091] テーパ光導波路2bの長さ $l_1$ は、テーパ角度が片側1度以下にするのがよく、このようにすることによって、テーパが緩やかになり、モードフィールド径が徐々に拡大されるので、過剰損失の発生を抑えることができる。拡幅光導波路2cを、一定長の等幅で延ばすことがよく、拡幅光導波路2cの長さ $l_2$ は、交差する他方の導波路と接触する位置よりも長めに取られている。拡幅光導波路2cの長さ $l_2$ として、一定長を確保することによって、拡幅光導波路2c中を伝播するモードが安定化される。これにより、誘電体多層膜5に出射する光ビームの中心が、光導波路中心と一致し、反射特性も安

定に保たれる。

- [0092] カットオフ領域の傾斜特性は、図3に示す光導波路交差角 $2\theta$ にも依存する。これは、誘電体多層膜5のカットオフ波長が $\cos\theta$ に比例するので、発散光によるカットオフ領域の傾斜特性の劣化が、誘電体多層膜5への入射角 $\theta$ が大きい程、顕著に現れる。そのため、カットオフ領域の傾斜特性が、光導波路交差角 $2\theta$ に依存することになる。
- [0093] したがって、カットオフ領域の傾斜特性を劣化させないためには、交差角 $2\theta$ を小さくすることがよい。交差角 $2\theta$ を小さくすると、誘電体多層膜5における反射減衰特性が劣化するが、拡幅された光導波路構成を採用することによって、当該反射減衰特性の劣化を軽減することができる。
- [0094] 図11は、上記実施例において、光導波路交差角 $2\theta$ に対する反射減衰量を、拡幅された光導波路幅 $W_2$ をパラメータとして示す図である。
- [0095] ここで、比屈折率差が0.3%程度の光導波路を使用している。
- [0096] 図11から、光導波路交差角 $2\theta$ を小さく設定すると、反射減衰特性が劣化するが、同じ光導波路交差角 $2\theta$ でも、光導波路幅 $W_2$ が大きい場合には、反射減衰量が大きい。そして、光導波路交差角を8〜12度に設定し、光導波路幅 $W_2$ を $20\mu\text{m}$ 以上にすれば、反射減衰特性として概ね良好な35dB以上が得られることが判る。この傾向は、比屈折率差が0.45%程度である光導波路の場合も同様であり、光導波路幅 $W_2$ を調整することによって、光導波路交差角を8〜12度の範囲に設定することができる。
- [0097] 図12は、上記実施例において、交差角をパラメータとし、光導波路拡幅構造がある場合(実線)と、無い場合(点線)とにおいて、反射スペクトラムを、そのカットオフ領域で比較した図である。
- [0098] 図12は、上記拡幅光導波路の導入と、交差角の設定とがカットオフ領域の傾斜特性に及ぼす影響を示す図である。カットオフの傾斜は、交差角が16度の場合よりも、交差角が12度の場合に改善され、交差角を12度または16度で一定にすれば、光導波路幅を $20\mu\text{m}$ に拡幅することによって、カットオフの傾斜がより急峻になることが判る。このようなカットオフ領域の傾斜特性の改善効果は、光導波路2から光導波路2



’に至る透過特性においても得られる。

[0099] 上記実施例は、1つの波長帯域の端と別の波長帯域の端とが50nm程度以下の間隔で配置されている2つの波長帯域を分離するための波長合分波器である。互いに交差する2本の光導波路の交差部に、誘電体多層膜を設け、上記誘電体多層膜への入射光を透過光と反射光とに分離する。ここで、上記誘電体多層膜の光入射側の多層膜表面から上記交差する2本の光導波路の中心の交点までの距離 $X$ が、 $0 \leq X \leq d/2$  ( $d$ は、上記誘電体多層膜の厚さ)であるように、設定されている例である。

[0100] また、誘電体多層膜5の多層膜厚さが、 $20 \mu\text{m}$ 以上に厚くなる場合に上記の距離 $X$ の設定が特に有効となる。

## 実施例 2

[0101] 図13は、本発明の実施例2である波長合分波器200を示す図であり、誘電体多層膜5の近傍(光導波路交差部C1の近傍)を示す図である。

[0102] 波長合分波器200は、基本的には、波長合分波器100と同じであるが、出力導波路3に対して点対称位置に導波路3’が設けられている点のみが、波長合分波器100とは異なる。

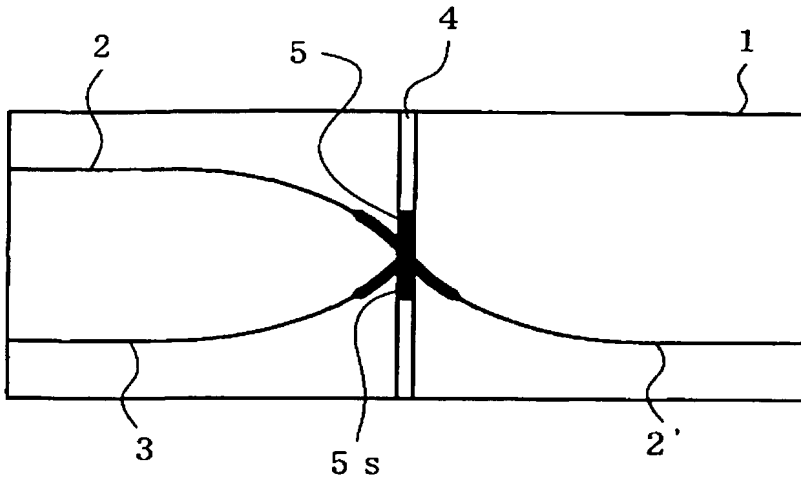
[0103] 出力光導波路3’は、出力光導波路3’aと、テーパ光導波路3’bと、拡幅光導波路3’cとによって構成されている。つまり、出力光導波路3’aは、テーパ光導波路3’bを介して、光導波路幅が広げられ、拡幅光導波路3’cと接続されている。

[0104] なお、導波路3’を、モニタ用端子等として使用するようにしてもよく、また、導波路3’を使用せずに開放端としてもよい。

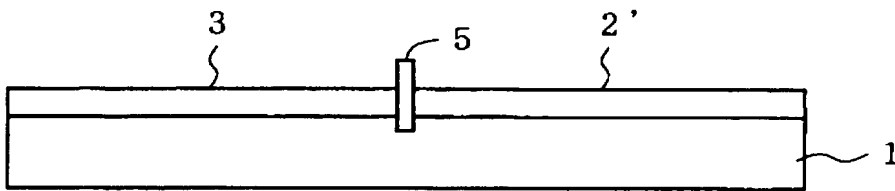
### 請求の範囲

- [1] 互いに交差する2本の光導波路の交差部に、誘電体多層膜を設け、上記誘電体多層膜への入射光を透過光と反射光とに分離する波長合分波器において、  
上記誘電体多層膜の光入射側の多層膜表面から上記交差する2本の光導波路の中心の交点までの距離 $X$ が、 $0 \leq X \leq d/2$  ( $d$ は、上記誘電体多層膜の厚さ)であることを特徴とする波長合分波器。
- [2] 請求項1において、  
上記交差する2本の光導波路は、上記交差部に向かって、光導波路幅に拡大されていることを特徴とする波長合分波器。
- [3] 請求項2において、  
上記拡大された光導波路幅は、上記交差部近傍において、一定であることを特徴とする波長合分波器。
- [4] 請求項1～請求項3のうちのいずれか1項において、  
上記光導波路の比屈折率差は、0.3%～0.45%に設定されていることを特徴とする波長合分波器。
- [5] 請求項1～請求項3のうちのいずれか1項において、  
上記距離 $X$ が、 $d/10 \leq X \leq 2d/5$ であることを特徴とする波長合分波器。
- [6] 請求項1～請求項3のうちのいずれか1項において、  
上記誘電体多層膜の多層膜厚さが、 $20 \mu\text{m}$ 以上であることを特徴とする波長合分波器。
- [7] 請求項1～請求項3のうちのいずれか1項において、  
上記交差する2本の光導波路の交差角が、8～16度であることを特徴とする波長合分波器。

[図1A]



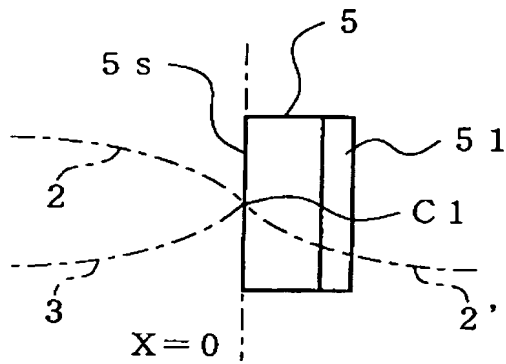
[図1B]



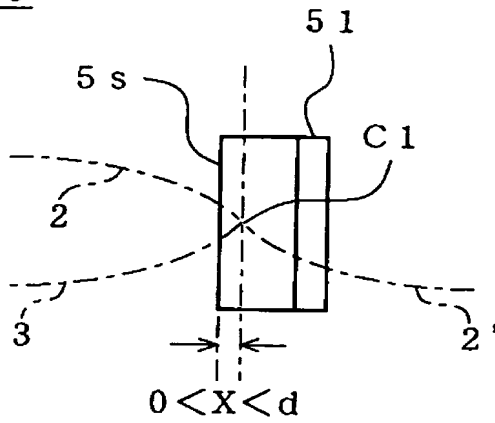
[図1C]



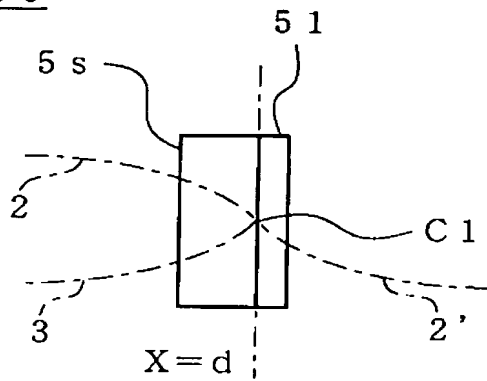
[図2A]

100

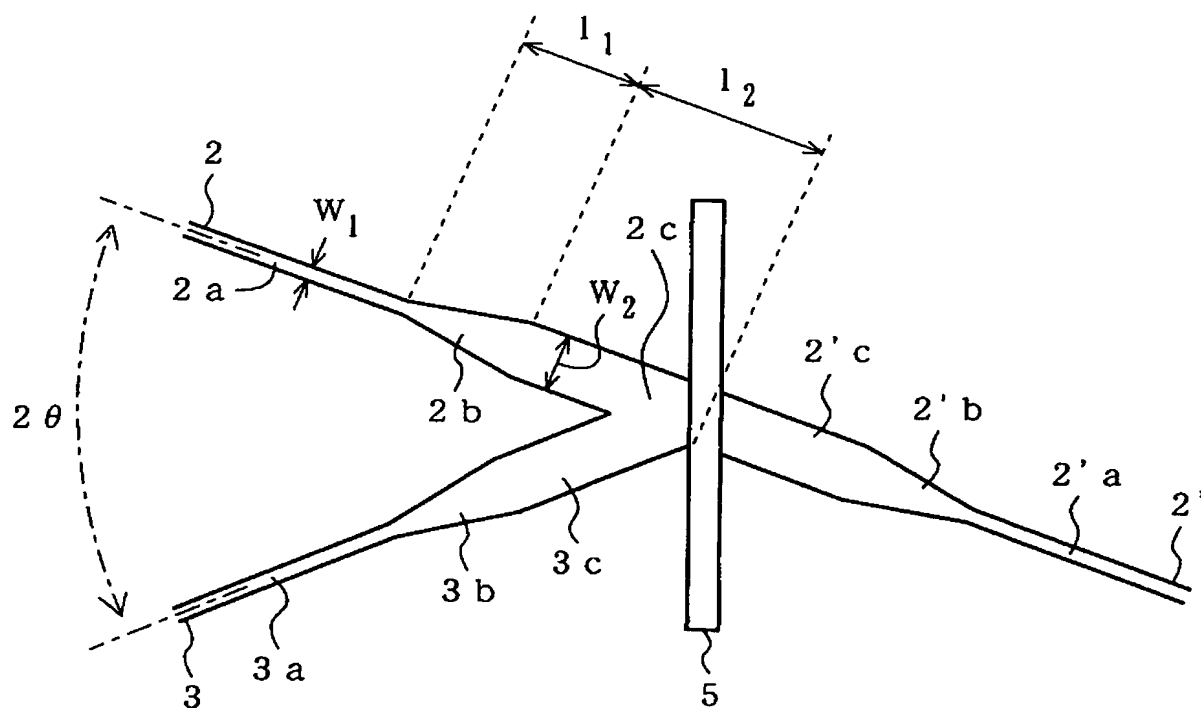
[図2B]

100

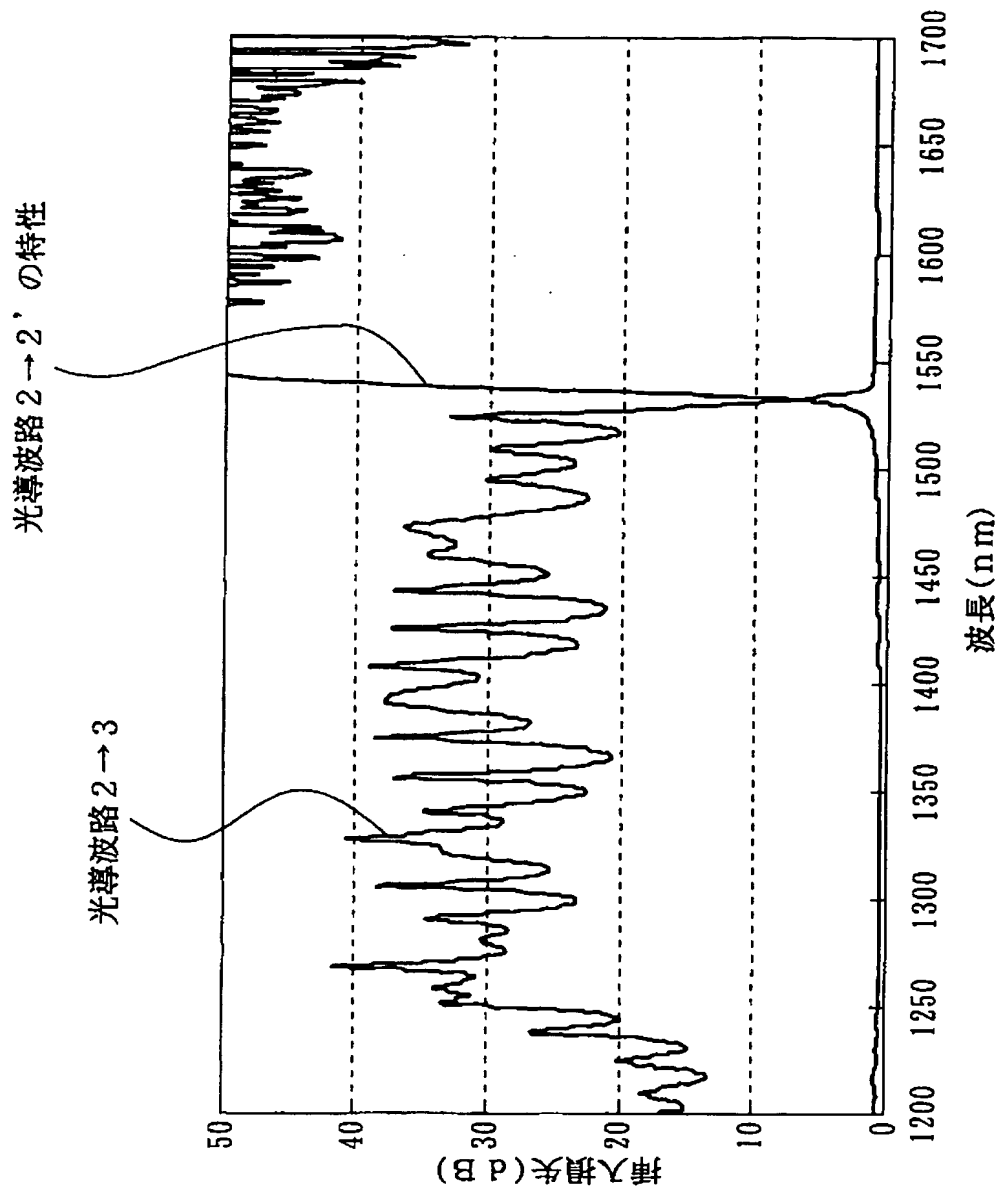
[図2C]

100

[図3]

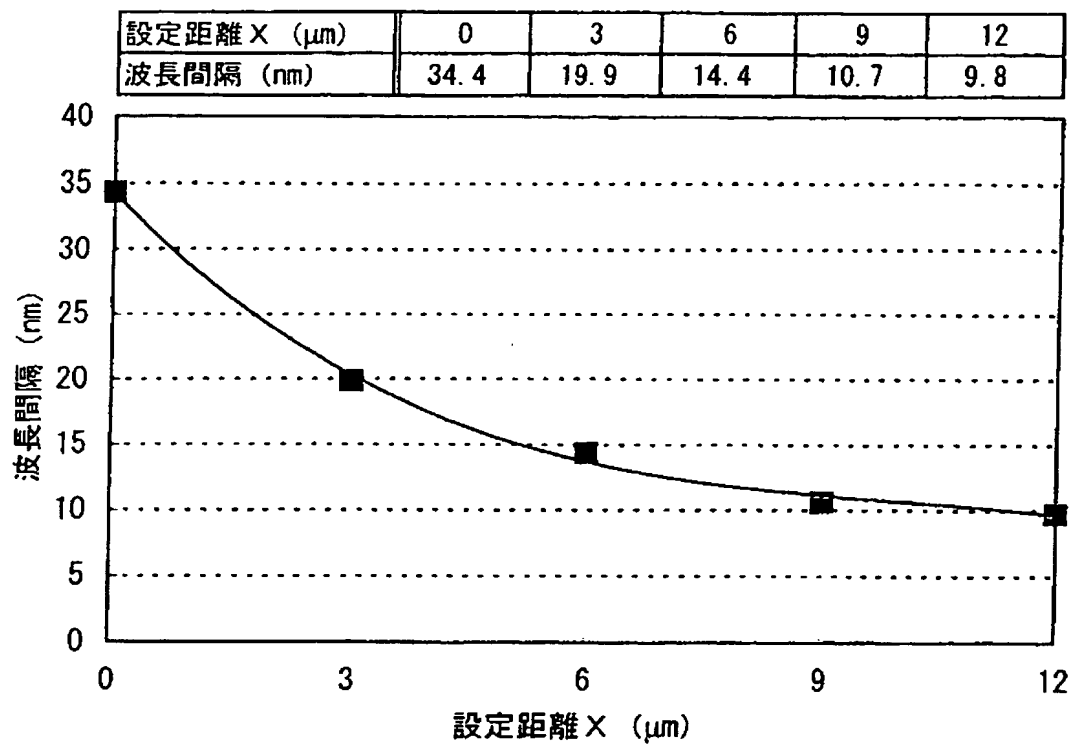
100

[図4]



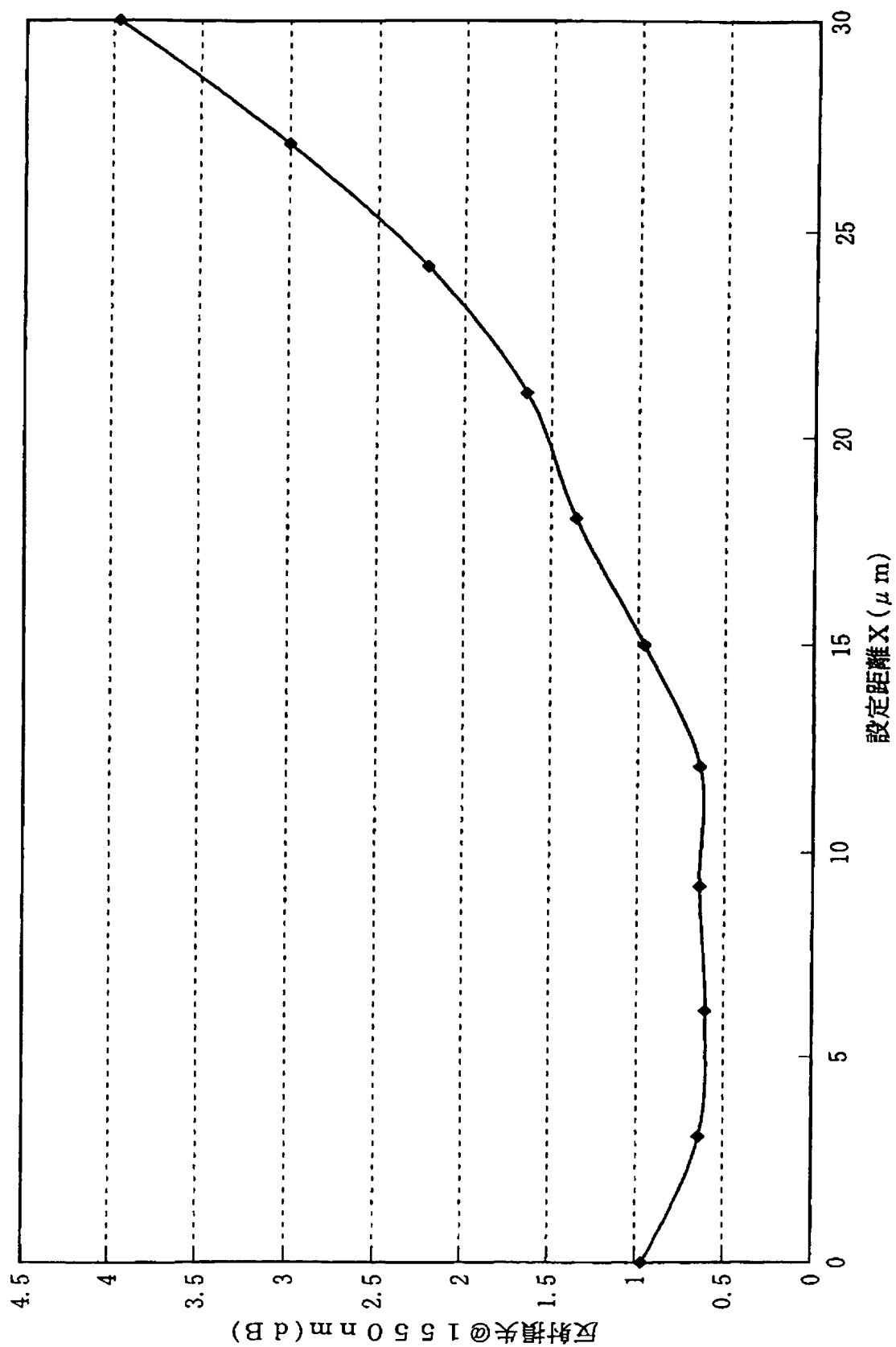


[図6]





[図7]



[図8]

交差角 導波路幅 設定距離 X	8 度		10 度		12 度	
	8 $\mu\text{m}$	20 $\mu\text{m}$	8 $\mu\text{m}$	20 $\mu\text{m}$	8 $\mu\text{m}$	20 $\mu\text{m}$
0 $\mu\text{m}$	$\Delta$	$\Delta$	$\Delta$	$\Delta$	$\Delta$	$\Delta$
3	$\bigcirc$	$\bigcirc$	$\bigcirc$	$\bigcirc$	$\bigcirc$	$\bigcirc$
6	$\bigcirc$	$\bigcirc$	$\bigcirc$	$\bigcirc$	$\bigcirc$	$\bigcirc$
9	$\bigcirc$	$\bigcirc$	$\bigcirc$	$\bigcirc$	$\bigcirc$	$\bigcirc$
12	$\bigcirc$	$\bigcirc$	$\bigcirc$	$\bigcirc$	$\bigcirc$	$\bigcirc$
15	$\Delta$	$\Delta$	$\Delta$	$\Delta$	$\Delta$	$\Delta$
18	$\times$	$\times$	$\times$	$\times$	$\times$	$\times$
21	$\times$	$\times$	$\times$	$\times$	$\times$	$\times$
24	$\times$	$\times$	$\times$	$\times$	$\times$	$\times$
27	$\times$	$\times$	$\times$	$\times$	$\times$	$\times$
30	$\times$	$\times$	$\times$	$\times$	$\times$	$\times$

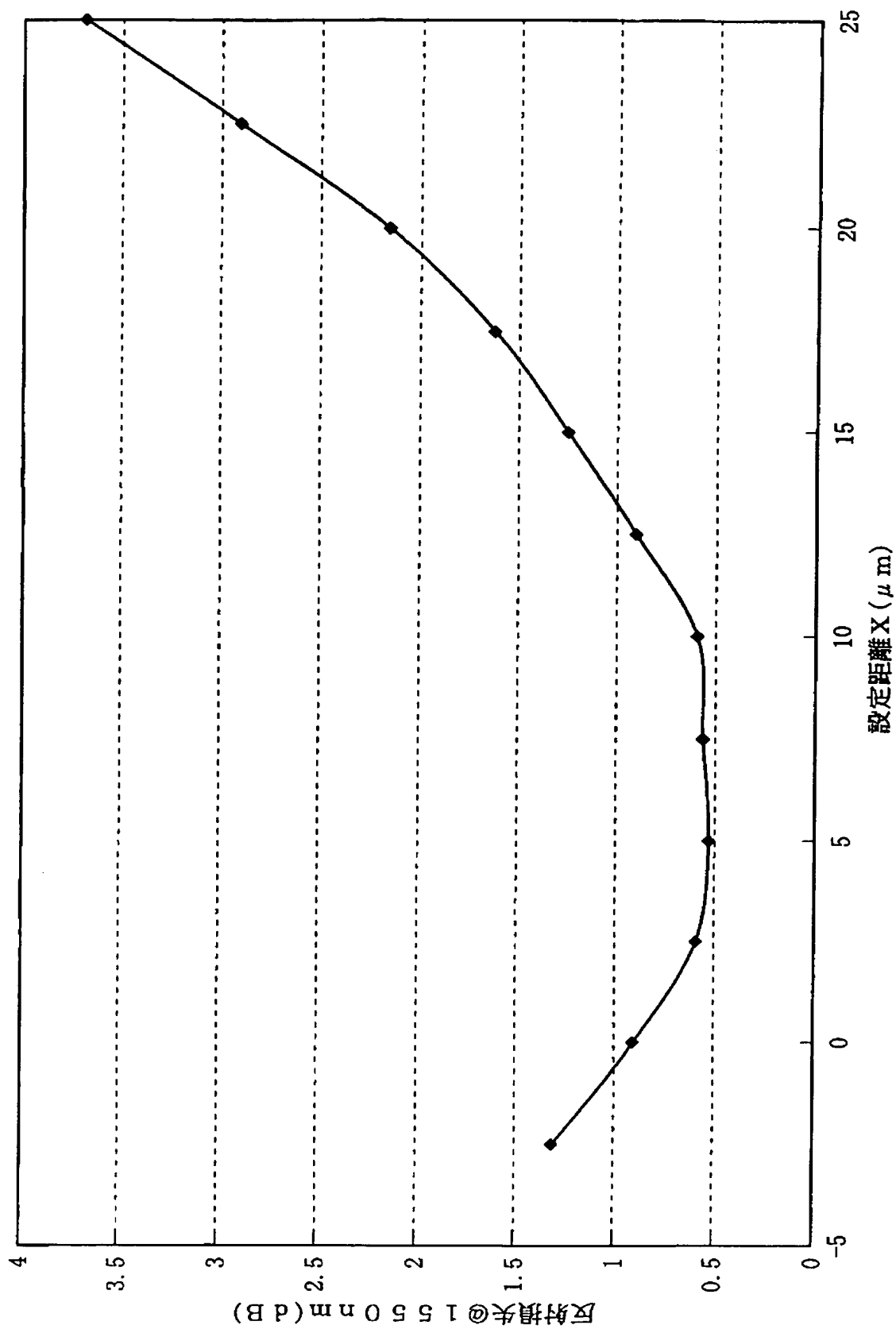
 $\bigcirc$  : 適 $\times$  : 不適

[図9]

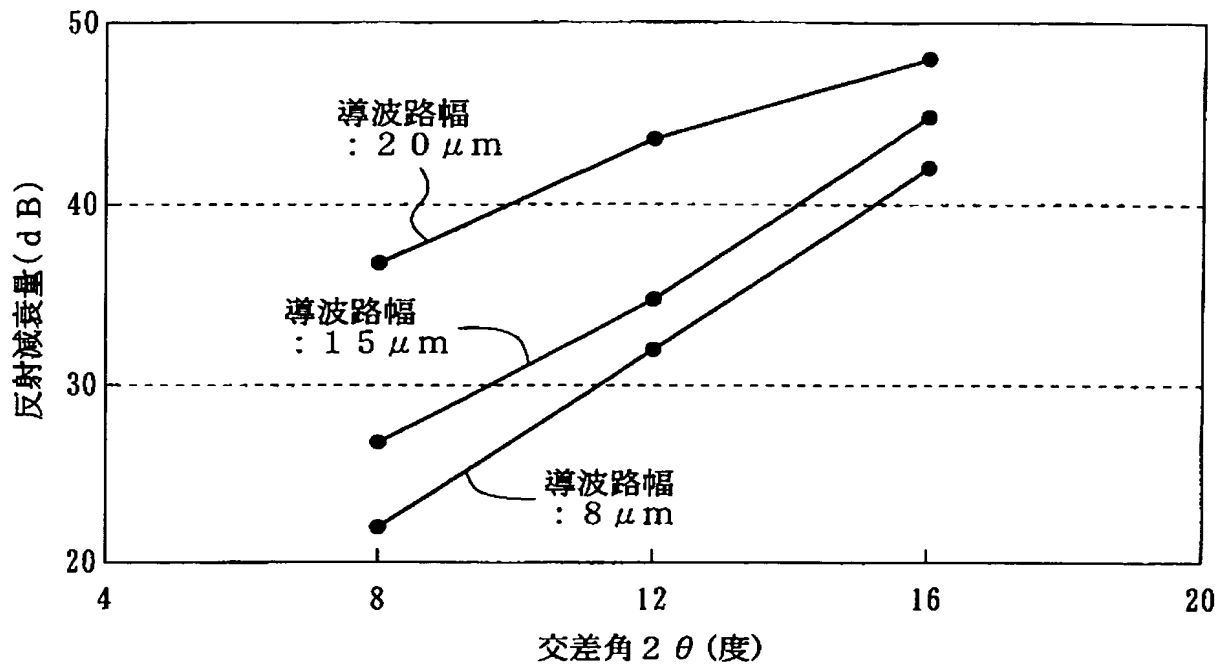
交差角 導波路幅 設定距離 X	8 度		10 度		12 度	
	7 $\mu\text{m}$	20 $\mu\text{m}$	7 $\mu\text{m}$	20 $\mu\text{m}$	7 $\mu\text{m}$	20 $\mu\text{m}$
0 $\mu\text{m}$	$\Delta$	$\Delta$	$\Delta$	$\Delta$	$\Delta$	$\Delta$
4	$\bigcirc$	$\bigcirc$	$\bigcirc$	$\bigcirc$	$\bigcirc$	$\bigcirc$
8	$\bigcirc$	$\bigcirc$	$\bigcirc$	$\bigcirc$	$\bigcirc$	$\bigcirc$
12	$\bigcirc$	$\bigcirc$	$\bigcirc$	$\bigcirc$	$\bigcirc$	$\bigcirc$
16	$\bigcirc$	$\bigcirc$	$\bigcirc$	$\bigcirc$	$\bigcirc$	$\bigcirc$
20	$\Delta$	$\Delta$	$\Delta$	$\Delta$	$\Delta$	$\Delta$
24	$\times$	$\times$	$\times$	$\times$	$\times$	$\times$
28	$\times$	$\times$	$\times$	$\times$	$\times$	$\times$
32	$\times$	$\times$	$\times$	$\times$	$\times$	$\times$
36	$\times$	$\times$	$\times$	$\times$	$\times$	$\times$
40	$\times$	$\times$	$\times$	$\times$	$\times$	$\times$

 $\bigcirc$  : 適 $\times$  : 不適

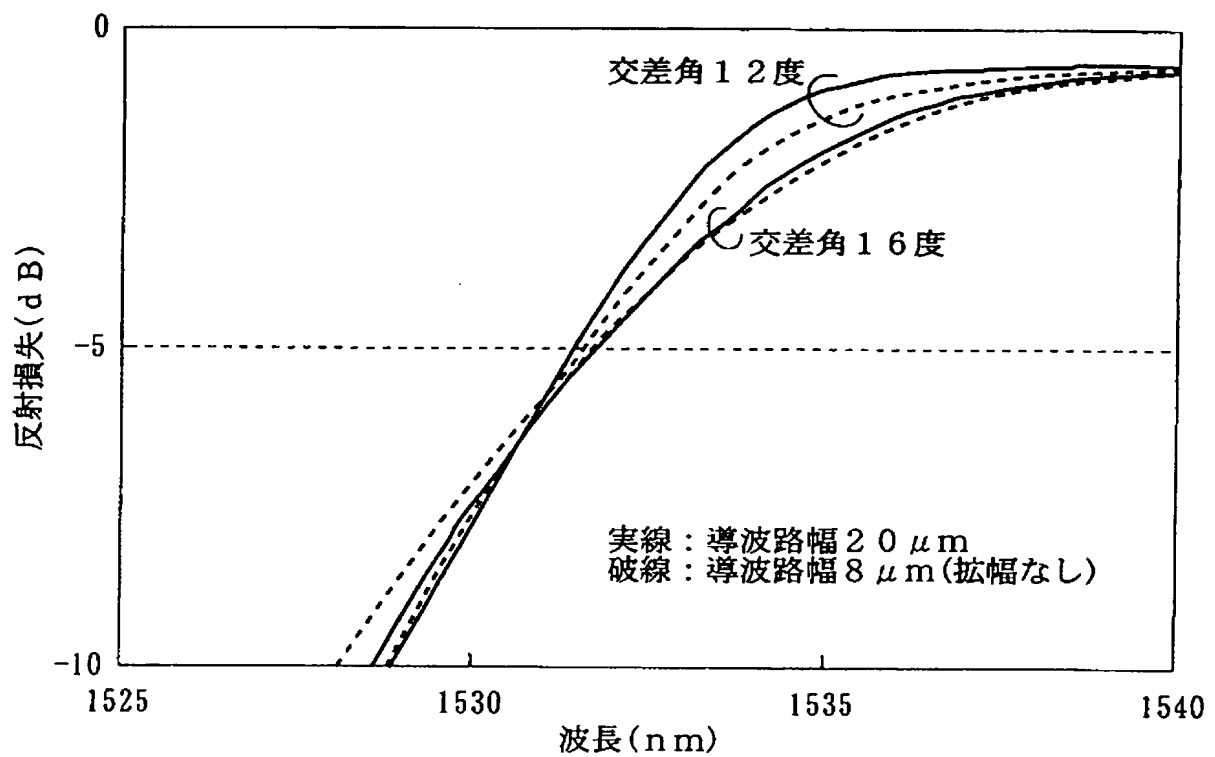
[図10]



[図11]

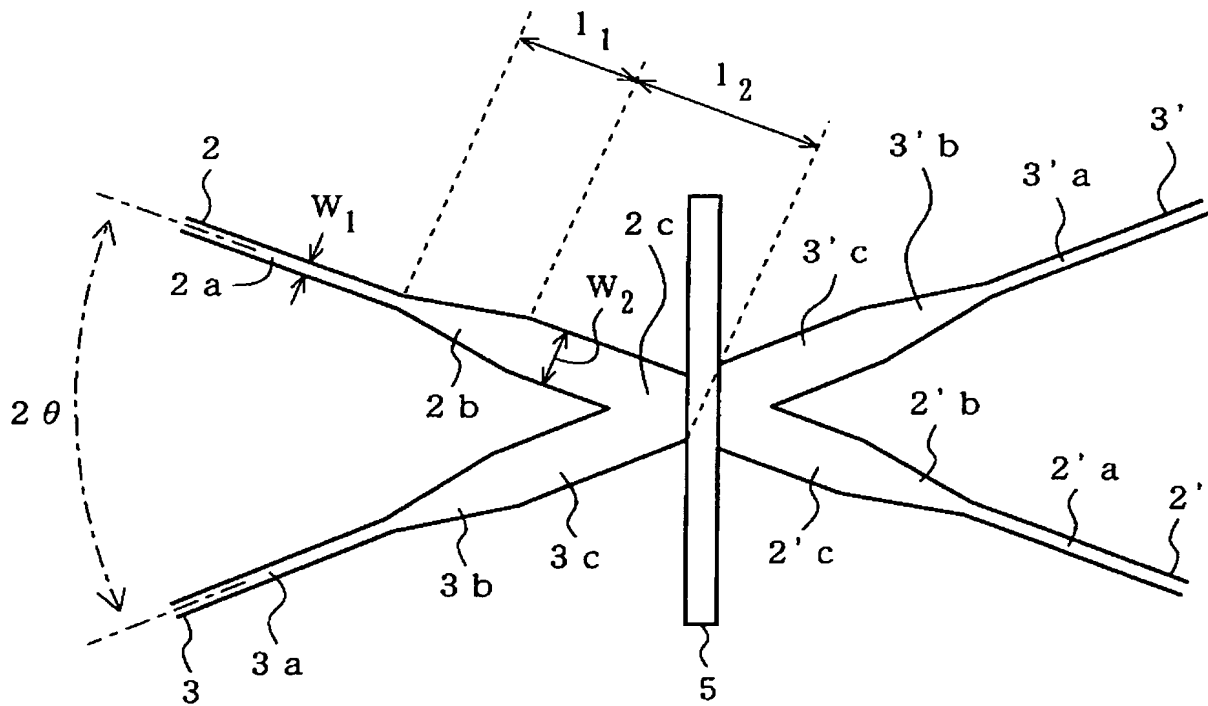


[図12]



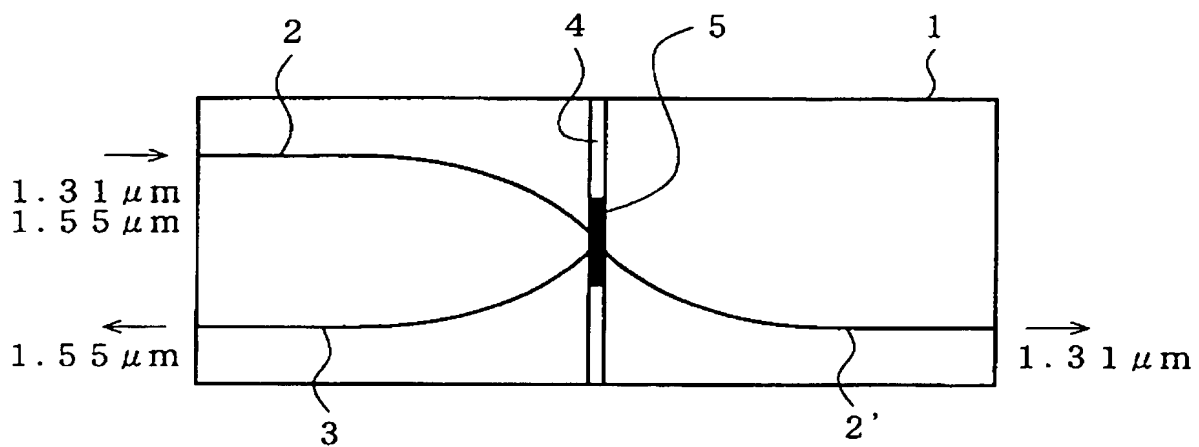
[図13]

200

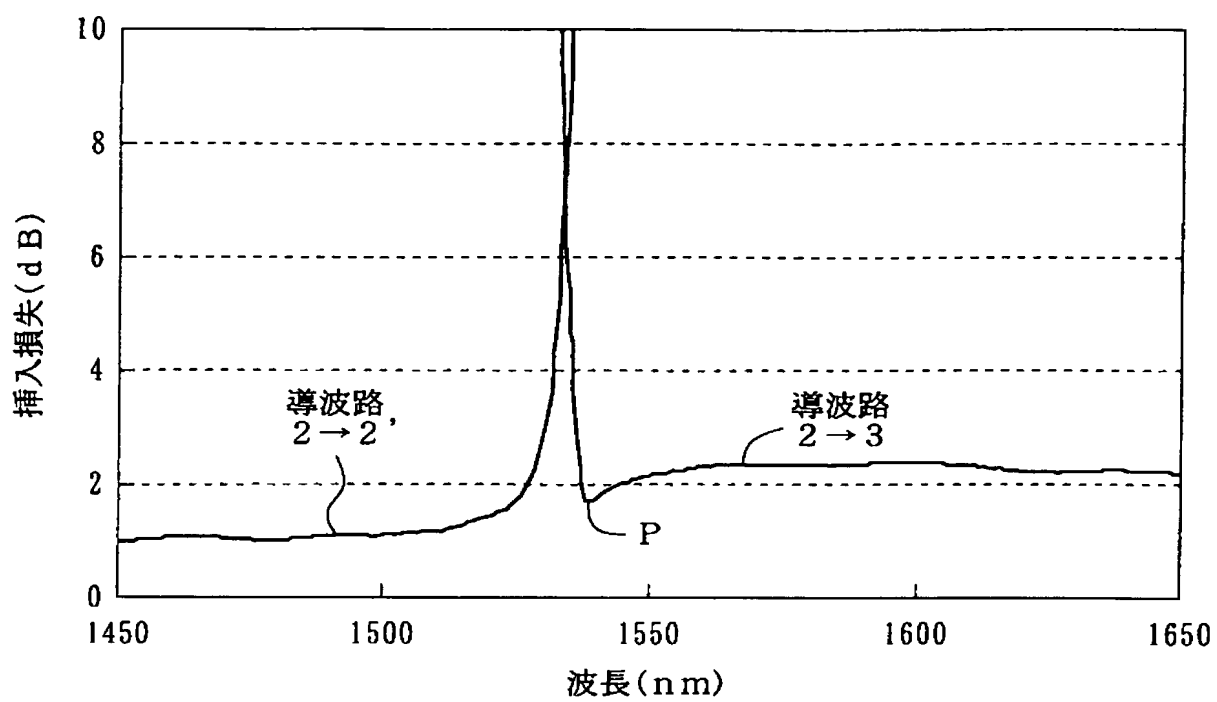


[図14]

500



[図15]



10 MAY 2005

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/013228

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
Int.Cl<sup>7</sup> G02B6/12

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
Int.Cl<sup>7</sup> G02B6/12-14

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched  
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2004  
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2004 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 8-190026 A (Nippon Telegraph And Telephone Corp.), 23 July, 1996 (23.07.96), Par. Nos. [0023], [0027] to [0031]; Figs. 1, 4, 5, 10 (Family: none)	1-2, 5, 7 3-4, 6
Y	JP 62-183405 A (Director General, Agency of Industrial Science and Technology), 11 August, 1987 (11.08.87), Fig. 1 (Family: none)	3

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
15 November, 2004 (15.11.04)

Date of mailing of the international search report  
30 November, 2004 (30.11.04)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/013228

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 4-346527 A (Nippon Telegraph And Telephone Corp.), 02 December, 1992 (02.12.92), Par. No. [0008] (Family: none)	4
Y	JP 9-159850 A (Nippon Telegraph And Telephone Corp.), 20 June, 1997 (20.06.97), Par. No. [0014] (Family: none)	6
A	JP 10-282350 A (Nippon Telegraph And Telephone Corp.), 23 October, 1998 (23.10.98), Fig. 4 (Family: none)	1-7

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/013228

## Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:  
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
2. ☐ Claims Nos.:  
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
3. ☐ Claims Nos.:  
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

## Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

Document 1:JP 8-190026 A (Nippon Telegraph And Telephone Corp.), 23 July, 1996 (23.07.96) disclose a wavelength multiplexer/demultiplexer which forms a groove at the intersection of two mutually-crossing optical waveguides, inserts a dielectric multilayer filter into the groove, and separates an incident light to the dielectric multilayer film into a transmission light and a reflection light, wherein (i) the dielectric multilayer filter is formed by alternately depositing SiO<sub>2</sub> and TiO<sub>2</sub> in multilayers onto a 7-μm-thick polyimide thin film, (ii) the groove is 18 μm wide, and (iii) when the distance between the intersection of the two optical waveguides and the groove's center line is 0,2,4,6,8 μ, (continued to extra sheet.)

1. ☒ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

### Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.
- ☒ No protest accompanied the payment of additional search fees.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2004/013228

Continuation of Box No.III of continuation of first sheet(2)

(iv) the two optical waveguides have their waveguide widths expanded toward the intersection.

Consequently, since the matter in claim 1 makes no contribution over the prior art, no technical relationship within the meaning of PCT Rule 13 can be found between claims [1-3] and claims [4][5][6][7]; and therefore it does not fulfill the requirement of unity.

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> G02B6/12

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> G02B6/12-14

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2004年
日本国登録実用新案公報	1994-2004年
日本国実用新案登録公報	1996-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X Y	JP 8-190026 A (日本電信電話株式会社) 1996.07.23 段落【0023】、【0027】 - 【0031】、図 1,4,5,10 (ファミリーなし)	1-2,5,7 3-4,6
Y	JP 62-183405 A (工業技術院長) 1987.08.11 第1図 (ファミリーなし)	3

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献  
「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

15.11.2004

国際調査報告の発送日

30.11.2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)  
郵便番号 100-8915  
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

日夏 貴史

2K

9411

電話番号 03-3581-1101 内線 3253

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 4-346527 A (日本電信電話株式会社) 1992.12.02 段落【0008】 (ファミリーなし)	4
Y	JP 9-159850 A (日本電信電話株式会社) 1997.06.20 段落【0014】 (ファミリーなし)	6
A	JP 10-282350 A (日本電信電話株式会社) 1998.10.23 図4 (ファミリーなし)	1-7

## 第II欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見 (第1ページの2の続き)

法第8条第3項(PCT17条(2)(a))の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求の範囲 \_\_\_\_\_ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。つまり、
2. ☐ 請求の範囲 \_\_\_\_\_ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求の範囲 \_\_\_\_\_ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

## 第III欄 発明の単一性が欠如しているときの意見 (第1ページの3の続き)

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるとこの国際調査機関は認めた。

文献1:JP 8-190026 A (日本電信電話株式会社) 1996.07.23 には、互いに交差する2本の光導波路の交差部に溝を形成し、該溝に誘電体多層膜フィルタを挿入し、該誘電体多層膜への入射光を透過光と反射光とに分離する波長合分波器において、(i)該誘電体多層膜フィルタは、厚み7 $\mu$ mのポリイミド薄膜にSiO<sub>2</sub>とTiO<sub>2</sub>を交互に多層蒸着したものであること、(ii)該溝幅は18 $\mu$ mであること、(iii)該2本の光導波路の交点と該溝の中心線との距離が0,2,4,6,8 $\mu$ mとした場合、(iv)該2本の光導波路は交差部に向かって、導波路幅が拡大されていることが記載されている。

以上の結果、請求の範囲1に記載された事項は先行技術の域を出ないから、請求の範囲[1-3]と請求の範囲[4][5][6][7]との間にPCT規則13の意味における技術的な関連を見い出すことはできないので、単一性の要件を満たしていない。

1. ☒ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求の範囲について作成した。
2. ☐ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求の範囲について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求の範囲のみについて作成した。
4. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求の範囲について作成した。

## 追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあった。
- ☒ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがなかった。